

УДК 621.396.4

Воловик В.А.;
Петрова В.М.,
НТУУ «КПІ»

СТІЙКИЙ КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ В МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ З САМООРГАНІЗАЦІЄЮ

Розроблено алгоритм встановлення стійкого каналу зв'язку (СКЗ) в мережі з самоорганізацією і обмеженою мобільністю (МО-мережа), що дозволяє досягти максимально можливого часу життя СКЗ та підвищити критерій якості передачі інформації.

Разработан алгоритм установления устойчивого канала связи (УКС) в сетях с самоорганизацией и ограниченной мобильностью (МО-сеть), что позволяет достичь максимально возможного времени жизни УКС и повысить критерий качества передачи информации.

The algorithm for establishing a stable communication channel (SCC) in networks with self-organization and limited mobility was developed, that allows to reach the maximum possible time of existence for a stable communication channel (SCC) and improve quality of information transfer.

Вступ. Залежно від призначення мережі і набору функцій, яка вона має виконувати, програмне забезпечення вузлів, яке реалізує маршрутизацію пакетів даних повинне вирішувати різні задачі маршрутизації. Одною з таких задач є створення СКЗ – організований набір вузлів МО-мережі, який забезпечує неперервну трансляцію потоку даних між двома вузлами (частіше односторонню) з мінімальними затримками і низькими затратами протягом заданого часу. Зазвичай СКЗ використовується для організації передачі мультимедіа потоку (відео, звук, тощо).

Аналіз досліджень і публікацій. В роботі [1] досліджено методи доставки інформації, яка необхідна для заповнення маршрутних таблиць, від вузлів збору інформації до вузла координатора за допомогою засобів доставки звичайних даних («повільний трафік»), і розповсюдження службових даних (лавинна розсилка). Також в літературі [2,3,4,5] досліджено методи побудови алгоритмів маршрутизації в МО-мережі.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка алгоритму встановлення стійкого каналу зв'язку. Необхідно забезпечити організацію і підтримку СКЗ між заданою парою вузлів протягом максимально можливого проміжку часу, забезпечуючи неперервну доставку пакетів даних від вузла-відправника до вузла-адресата. Для визначеності вважається, що побудова СКЗ відбувається від одного з вузлів мережі до вузла – координатора. Важливою і найбільш складною задачею побудови

СКЗ являється отримання вказаних параметрів зв'язку на основі історії спостережень.

Критерії якості алгоритма побудови СКЗ. Визначимо критерії якості для алгоритму побудови СКЗ. Якість алгоритму буде оцінено двома параметрами:

1) час встановлення СКЗ – це проміжок часу від моменту ініціювання процесу пошуку каналу до моменту доведення службового пакету до центрального вузла;

2) час життя СКЗ – це проміжок часу від моменту встановлення СКЗ до моменту обриву СКЗ.

Дане визначення допускає від'ємну величину часу життя УКС. Це можливо в тому випадку, якщо обрив СКЗ відбувається раніше завершення процесу його встановлення. Очевидно також, що встановлення СКЗ з прийнятним часом життя може бути взагалі неможливим в мережі з дуже нестабільними зв'язками.

Базовий алгоритм побудови СКЗ. Базовий алгоритм побудови СКЗ може бути організований на базі одного з алгоритмів транспортування повільного трафіку (наприклад, на базі ймовірнісної або географічної метрики) з додатковим використанням блокування вузлів у ввімкненому стані на час життя СКЗ. Послідовність дій (алгоритм) в цьому випадку виглядає наступним чином:

1. У деякий момент часу один з вузлів мережі приймає рішення встановити СКЗ з вузлом-координатором.

2. Вузол блокує себе від вимикання.

3. Вузол формує спеціальний пакет даних, що інформує про ініціювання процесу побудови СКЗ, і висилає його вузлу - координатору за допомогою наявного в розпорядженні вузла алгоритму маршрутизації.

4. Кожен вузол, який отримав службовий пакет, сформований на кроці 3, блокує себе від вимикання і виконує подальше пересилання цього пакету за допомогою алгоритму маршрутизації, який є в його розпорядженні.

5. Як тільки вузол-координатор отримує службовий пакет, що інформує про ініціювання процесу побудови СКЗ, він відправляє по сформованому ланцюгу інший службовий пакет, що сповіщає про успішне завершення процесу побудови СКЗ.

6. Отримавши пакет, що підтверджує успішну побудову СКЗ, вузол, який ініціював його побудову, починає передачу даних.

Очевидно, слід передбачити контрольний інтервал часу, протягом якого вузли, задіяні в процесі побудови СКЗ очікують отримання пакету, що підтверджує успішне завершення побудови, в іншому випадку, при збої в процесі побудови, можливо перманентне блокування цих вузлів у ввімкненому стані з подальшим їх виходом з ладу внаслідок передчасного вичерпання ресурсу джерела живлення. Крім того, необхідний механізм

коректного зняття блокування з вузлів після аварійного (обрив зв'язку) або нормального (втрата необхідності) припинення використання СКЗ. Цю проблему можна вирішити введенням контрольного часу очікування активності в каналі, після закінчення якого вузли знімають з себе блокування.

Описаний базовий алгоритм має очевидний і досить істотний недолік, який полягає в тому, що він не враховує в необхідній мірі природу зв'язків між вузлами. Справа в тому, що метрики, на яких він заснований, проявляють себе як таким чином: одна з них (імовірнісна) мінімізує витрати на час доставки пакета даних, інша (географічна) при маршрутизації скорочує географічну відстань. Жодна метрика не гарантує вибору стабільних зв'язків. В результаті, в певний момент часу відбувається обрив (часто ще до завершення побудови СКЗ), і обривів тим більше, чим більше нестабільних зв'язків у мережі. Отже, базовий алгоритм не може застосовуватися в мережах з наявністю нестабільних зв'язків. Тому необхідний модифікований алгоритм побудови СКЗ, позбавлений цього недоліку, тобто здатний враховувати стабільність зв'язків при первинному прокладанні маршруту.

Модифікований алгоритм побудови УКС. Для визначення модифікованого алгоритму, введемо нову метрику $S(1)$:

$$S = \begin{cases} -\ln(f_{ab}), f_{ab} \geq f_{кр} \\ +\infty, f_{ab} < f_{кр} \end{cases} \quad (1),$$

де $f_{кр}$ - деяке критичне значення параметра f_{ab} зв'язку. Зв'язки, що мають менше значення f_{ab} вважаємо непридатними для побудови СКЗ. Метрика S дозволяє відкинути частину нестабільних зв'язків. Однак вона не дозволяє виключити всі нестабільні зв'язки, тому що не враховує другий з введених критеріїв стабільності зв'язків - значення середнього періоду активного стану зв'язку за умови активності обох вузлів (t_1). Задача обчислення значення t_1 на підставі історії спостережень пари суміжних вузлів була вирішена тільки для кількох окремих випадків.

У першому випадку збір службової інформації, її обробка і координування роботи вузлів здійснюється вузлом-координатором, який приймає всі статистичні відомості від вузлів. Інформація від вузлів до координатора і зворотна інформація, необхідна для заповнення маршрутних таблиць, доноситься за допомогою засобів доставки звичайних даних, наприклад, «повільний трафік», та поширення службових даних, наприклад, лавинна розсилка.

У другому випадку вузли обчислюють значення метрики S для своїх зв'язків самостійно на підставі значення f_{ab} , обчисленого з використанням накопиченої і отриманої від суміжного вузла історії спостережень за формулою (2):

$$f_{ab} = \frac{F_{ab}}{p_a \cdot p_b} \quad (2),$$

де p_a, p_b – ймовірності активності вузлів a і b відповідно.

Будемо називати модифікацію алгоритму побудови СКЗ, що використовує метрику S , s -алгоритмом. В умовах гарантованої відсутності зв'язків з коротким періодом, в результаті роботи s -алгоритму можливі дві ситуації:

1. S -алгоритму вдалося прокласти СКЗ по абсолютно стабільним зв'язкам. Дана ситуація можлива за наявності в мережі достатньої кількості абсолютно стабільних зв'язків, що достатньо мало ймовірно в мережах розглянутого типу. У цьому випадку час існування СКЗ обмежується тільки граничним часом, на який вузли можуть бути заблоковані у ввімкненому стані. На практиці тривале блокування вузлів у ввімкненому стані призведе до істотного скорочення їх ресурсу за рахунок підвищеного енергоспоживання.

2. Побудований канал містить мінімально можливу кількість нестабільних зв'язків. У цьому випадку час його існування виявиться, можливо, меншим, ніж у попередньому, але, як правило, значно більше, ніж при використанні базового алгоритму.

Описаний алгоритм дозволяє досягти максимально можливого часу життя СКЗ, тобто забезпечує перший критерій якості. Однак для досягнення другого критерію якості, тобто високої швидкості побудови СКЗ, потрібна синхронізація. В простому випадку синхронізації можуть потребувати тільки вузли, що сформували СКЗ. Така одинична тимчасова синхронізація не буде ефективною в разі побудови довільної кількості каналів. Для забезпечення високої швидкості побудови СКЗ мережа повинна мати третій рівень самоорганізації.

Висновки. Розроблено алгоритм побудови стійкого каналу зв'язку, який дозволяє отримати швидку і надійну доставку пакетів між вибраною парою вузлів. Продемонстровано, що одночасне використання інформації про зв'язки і застосування синхронізації дозволяє кардинально покращити якість каналу і скоротити час його підготовки. В деяких випадках доцільно використовувати тільки інформацію про зв'язки, так як при практично однаковому впливі на середній час побудови каналу, ця опція значно більше впливає на середній час його існування.

Використані джерела інформації:

1. Вентцель Є.С. Теорія випадкових процесів і її інженерні додатки: Учб. довідник для студ. вузів. / Є.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. — Вид. 3-е, перероб. і доп. М.: Видавничий центр «Академія», 2003. - 432 с.

2. Карасєв А.В. Метод вибору найкоротших напрямів передачі на мережі зв'язку на основі евристичних розмірковувань. / А.В.Карасєв, А.В. Пушнін, В.И. Фінаєв // Перспективні інформаційні технології и інтелектуальні системи. 2000. - № 4. - С. 43 - 46.
3. Уваров Д.В. Побудова дерева найкоротших шляхів в графу на основі даних про парні переходи. / Д.В.Уваров, А.И. Перепелкін, В.П. Корячко // Системи управління і інформаційні технології. 2004. — № 4(16). -С. 92-95.
4. Дорошенко А. Є. Моделювання сенсорних мереж засобами високого рівня. Електронний ресурс./А.Є. Дорошенко, К. А. Жереб, Р.С.Шевченко <http://www.gradsoft.ua/rus/whitepapers/sensnet9.pdf>
5. Пономарьов А.В., І.С. Подерський // Системи управління і інформаційні технології. 2003. - № 1 - 2 (12). - С. 73 - 77.